Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik I
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. E. Körber
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Die Passgenauigkeit des Kronenrandes in Abhängigkeit von der Modellation

INAUGURAL—DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
ROLF WILLY DÖRING
aus Stuttgart

1983

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543907_0039

Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik I
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. E. Körber
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Die Passgenauigkeit des Kronenrandes in Abhängigkeit von der Modellation

INAUGURAL—DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
ROLF WILLY DÖRING
aus Stuttgart

1983

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan:	Professor Dr. W. Frommhold
1. Berichterstatter:	Professor Dr. E. Körber
2. Berichterstatter:	Professor Dr. Dr. N. Schwenzer

---

gedruckt bei H.- J. Köhler · Reprografischer Betrieb · Tübingen

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Literatur	3
2.1.	Nachuntersuchungen	3
2.2.	Lage und Gestaltung des Kronenrandes	4
2.3.	Untersuchungen zur Kronenherstellung	5
2.4.	Wachsmodellation des Kronenrandes	6
2.5.	Zementieren von Kronen	7
2.6.	Klinische Untersuchungen	8
2.7.	Meßmethoden	10
2.8.	Definition und Angaben über den Randspalt	10
2.9.	Statistik	12
2.10.	Die forensische Bedeutung des Kronenrandes	13
3.	Material und Methoden	14
3.1.	Vorbemerkungen und Übersicht	14
3.2.	Zähne, Präparation, Abdruck	16
3.3.	Laborarbeiten	17
	Eigene Untersuchungen:	
3.4.	Klinisch makroskopische Untersuchung	20
3.5.	Eine andere Methode zur Darstellung des Randspaltes	22
3.6.	Zementieren	26

Seite

3.7. Mikroskopische Untersuchung 27

3.7.1. Einbetten 27

3.7.2. Sägen 27

3.7.3. Planschliff 33

3.7.4. Ausmessen der Spaltbreiten 33

3.8. Statistik 34

4. Ergebnisse 37

4.1. Auswertung der Versuche 37

4.2. Statistik 38

5. Diskussion 40

Folgerung 45

6. Zusammenfassung 47

7. Literaturverzeichnis 49

8. Anhang: Tabellen, Danksagung, Lebenslauf

1. EINLEITUNG

Die prothetische Rehabilitation des Kauorgans mit Kronen und Brücken hat durch Verbesserung der Werkstoffe und Techniken ein Niveau erreicht, das heute in funktioneller und ästhetischer Beziehung allen Ansprüchen gerecht werden kann.

Die Tragedauer von Kronen hängt von verschiedenen Faktoren ab, wobei der Randgestaltung der Krone eine besondere Bedeutung zukommt. So schreibt FREESMEYER (11) in einem Bericht von der Arbeitsgemeinschaft "Dentale Technologie", daß der Erfolg einer Brückenarbeit neben anderen Problemen in erster Linie vom Kronenrand abhängt.

Um die parodontologischen und kariesprophylaktischen Anforderungen an den Kronenrand zu erfüllen, wurden die verschiedenen Parameter, wie Präparation, Modellation, Gußverfahren und Befestigungszemente, die auf den Randspalt Einfluß haben, verfeinert.

Laboruntersuchungen von SCHMIERER, HÖFT, KÖCHER, RÖSLER und anderen ergeben, daß eine verstärkte Randmodellation in Wachs zu einer besseren Paßgenauigkeit bei Kronen führt.

Die vorliegende Arbeit untersucht im Gegensatz zu den standardisierten Bedingungen der bisherigen Untersuchungen zu diesem Problem, ob auch - unter allgemeiner Zielsetzung - von einer größeren Anzahl unterschiedlicher Probanden durch eine verstärkte Wachsmodellation des Kronenrandes bessere Ergebnisse zu erzielen sind als mit einem nicht verstärkten Rand.

Außerdem wird untersucht, ob die klinische Prüfung, wie sie am Patienten durchführbar ist, mit den Ergebnissen einer mikroskopischen Untersuchung derselben Kronen übereinstimmt.

Schließlich wird geprüft, inwieweit zur Untersuchung der Paßgenauigkeit von Kronen Verbesserungen möglich und einfachere Methoden anwendbar sind.

2. LITERATUR

Der Rand einer Krone und seine Auswirkung auf den Gingivalsaum ist Gegenstand zahlreicher Veröffentlichungen.

2.1. Nachuntersuchungen

Vorbemerkung: Angaben zu Spaltbreiten finden sich in der Zusammenfassung im Abschnitt 2.8.

Die Untersuchung von E.KÖRBER (24) ergibt, "daß abstehende Kronenränder deutlich häufiger Entzündungen am Zahnfleischrand hervorrufen, als anliegende Kronenränder". Von 178 kontrollierten Vollgußkronen haben 64 einen fehlerhaften Randschluß.

EICHNER (6) bezeichnet das marginale Parodontium in Kontakt mit dem Kronenrand als "locus minoris resistentiae" und weist darauf hin, daß E.KÖRBER statistisch signifikante Ergebnisse für parodontale Veränderungen nur in Abhängigkeit von den Kronenrändern und der Mundhygiene fand, nicht jedoch für andere Ursachen wie z.B. traumatische Okklusion oder antagonistischen Kontakt.

KERSCHBAUM und VOSS (18) zeigen in einer Arbeit von 1981, daß ein Randspalt Sekundärkaries begünstigt, wobei mehr als die Hälfte aller untersuchten Gußkronen Randschlußmängel aufweist. Die negative Wirkung auf das Parodont ist statistisch gesichert. Randschlußmängel sind im wesentlichen durch Überschüsse, 2o mal weniger durch Defizit (negative Stufe) charakterisiert.

In einer Analyse der Erfolge und Mißerfolge bei prothetischen Maßnahmen stellt KETTERL (20) den schädigenden Einfluß eines mangelhaften zervikalen Randschlusses als "lokales Reizmoment" dar. Unter sonst durchschnittlichen Bedingungen führten an 59 überkronten Zähnen 19 dieser Arbeiten zu einer weiteren Vertiefung der Zahnfleischtaschen am entsprechenden Zahn.

2.2. Lage und Gestaltung des Kronenrandes

K.H.KÖRBER (26) empfiehlt, "im kariesbefallenen Gebiß .. ... ebenso wie bei fehlender oder mangelhafter Oralhygiene" den Kronenrand "auf den Boden des inneren Saumepithels" zu legen. Ebenfalls aus kariesprophylaktischen Gründen schreibt VOSS (49) noch 1969 zur Diskussion, wo der Rand einer Krone liegen soll: "Selbstverständlich nur innerhalb der Zahnfleischfurche". Immer mehr Autoren empfehlen jedoch, die Ränder der Krone oberhalb des Gingivalrandes abschließen zu lassen, "wenn nicht ästhetische oder retentive Probleme diesen Grundsätzen widersprechen", so FEYEN und KERSCHBAUM (9), und in diesem Sinne 1981 auch KERSCHBAUM und VOSS (18), SASSEN (40), VALDERHAUG (48) und WITTE (51).

MARXKORS (30) kommt hingegen zu dem Schluß, daß mit der supragingivalen Lage des Kronenrandes keineswegs alle Probleme gelöst sind.

Daß die Lage des zervikalen Kronenrandes nicht so entscheidend ist "wie der Übergang zum präparierten Stumpf" gibt FRÖHLICH (12) an. Er fordert, daß die künstliche Krone nirgends abstehen darf und dem natürlichen Zahn zervikal so anliegen muß, daß mit der Sonde kein fühl-

barer Übergang vorhanden ist. Die Kronenränder dürfen keinesfalls tiefer reichen, als es dem präparierten Sulcus entspricht.

In einem Beitrag zur Gestaltung des Kronenrandes bestätigt KRAFT (27), daß Kronen mit mangelhaftem Randschluß beachtliche Schäden am marginalen Parodontium verursachen. Er beschreibt die verschiedenen Möglichkeiten direkter, indirekter, chemischer, mechanischer und enzymatischer Noxen. Die Entscheidung, den Kronenrand subgingival oder supragingival zu legen, überläßt er den parodontalen Gegebenheiten und der Verantwortung des Zahnarztes. "Für beide vertretbaren Lösungen gilt jedoch immer die Forderung nach einem möglichst dichten Randschluß".

WITTE (51) macht darauf aufmerksam, daß neben einer unzureichenden zervikalen Paßgenauigkeit auch eine fehlerhafte Gestaltung des Restaurationsrandes das marginale Parodontium beeinflussen kann und daß überkonturierte Kronenränder oder nicht anatomisch exakte Kronenmodellation zu einer direkten mechanischen Traumatisierung der Gingiva führen.

2.3. Untersuchungen zur Kronenherstellung

EINFELDT (8) untersucht die Paßgenauigkeit gegossener Metallarbeiten und kommt zu dem Schluß, daß es möglich ist, Kronen von optimaler Präzision herzustellen.

Die Paßgenauigkeit des Kronenrandes in Abhängigkeit von der Modellation und Präparation untersucht HÖFT (15) an 40 extrahierten Molaren und kommt zu dem Ergebnis, "daß bei glatter (tangentialer) Präparation der verstärkt aus-

modellierte Kronenrand zu einer Qualitätsverbesserung der Krone führt".

JUNG und QUAST (17) haben in einer Studie des Gußgefüges am Kronenrand 36 Gußkronen mit je 4 verschiedenen Präparationsarten aus 3 verschiedenen Legierungen gegossen. Dabei waren dünn auslaufende Kronenränder nicht immer einwandfrei ausgeflossen.

Das Dimensionsverhalten des Kronenrandes vergleicht KÖCHER (22) in Abhängigkeit von der Modellationstechnik und der Randmodellation an 60 Frasacozähnen und befürwortet, was die Randspaltbreite anbelangt, den verstärkten Kronenrand.

RÖSLER (37) versucht zu zeigen, inwieweit über die Modellation des Kronenrandes Einfluß auf den Randspalt zu nehmen ist. Die Auswertung von 40 natürlichen Molaren ergibt, daß die verstärkte Randmodellation zu bevorzugen ist und sich Ergebnisse erzielen lassen, wie sie von der Wissenschaft gefordert werden.

SCHMIERER (43) untersucht den Einfluß verschiedener Präparationsarten und Labortechniken auf die Paßgenauigkeit des Kronenrandes an 35 Zähnen und wertet die Breite des Zementspaltes aus. Wenn flach konisch präpariert wird, sollte der Kronenrand verstärkt modelliert werden.

2.4. Wachsmodellation des Kronenrandes

"Der Rand ist der schwache Punkt jedes Wachsmodells. Ein guter Rand ist zwar keine Garantie für eine erfolgreiche Restauration, ein schlecht modellierter führt aber sicher zum Mißerfolg". Trotzdem wird von

SHILLINGBURG, HOBO und WHITSETT (45) jede Modifizierung der Wachsmodellation abgelehnt, weil die Ausarbeitung im weichen Wachs leichter als im harten Metall ist.

SINGER (47) führt die Fehler bei Kronen und Brücken an. Dabei findet er als wichtigen Faktor den "Randwulst der Krone, der nicht übermodelliert werden darf, aber auf keinen Fall fehlen sollte".

E.KÖRBER schlägt eine tropfenförmige Ausmodellation des Randes vor. (SCHMIERER, 43)

K.H.KÖRBER und LENZ (25) empfehlen, "die Modellation etwas erhaben - in Form einer bewußten Makrostufe - auszuführen".

Das Wachs im Randbereich etwas stärker aufzutragen, als für die fertige Krone benötigt wird, gibt SMITH (47) an. Dadurch wird eine Verstärkung der Form erreicht und ausreichend Überschuß für die Ausarbeitung sichergestellt.

2.5. Zementieren von Kronen

Um den Einfluß durch das Aufzementieren von Kronen auf den Randschluß so gering wie möglich zu halten, fordert DEMMEL (3), die Kronen innen nur dünn zu beschichten, einen definierten Gewichtsdruck anzuwenden und die Verarbeitungsrichtlinien genau zu beachten. Nach Versuchen bis zu 15 kp hält er einen kontinuierlichen Druck von 4 - 5 kp für ausreichend. Hammerschläge werden abgelehnt.

FINGER (10) fordert ausreichend Platz für den Befestigungszement zwischen Stumpf und Krone, der jedoch 50 µ nicht überschreiten soll.

2.6. Untersuchungen mit Berücksichtigung klinischer Gegebenheiten

In einer statistischen Untersuchung kommen GROPP und SCHWINDLING (14) zu dem Ergebnis, daß 88 % von 320 Kronen keinen einwandfreien Randschluß haben. Die pathologischen Erscheinungen sind umso stärker, je mehr Fehler in der Randgestaltung vorkommen.

HÜTTNER (16) findet bei 28,6 % von 413 Gußkronen technische Mängel. Bei schlecht sitzenden Kronen findet er 80 % Parodontalaffektionen, jedoch bei technisch einwandfreien Kronen nur 32,2 % parodontale Veränderungen.

In einer Nachuntersuchung von 246 Patienten mit 1076 überkronten Zähnen zeigen KERSCHBAUM und VOSS (19), daß bei 9 % nach 4 Jahren und bei 10,7 % nach 10 Jahren Sekundärkaries diagnostiziert wird. Dabei ist nicht enthalten die Zahl der Zähne, die zwischenzeitlich entfernt oder erneut überkront worden sind.

EICHNER zitiert eine Untersuchung von LENZ und KREKELER (29), die in 49,4 % von 259 Kronen entzündliche Veränderungen am marginalen Parodontium feststellten.

An extrahierten Zähnen, die mit Gußkronen versehen waren, mißt MARXKORS (30) die zervikalen Randspalte und ermittelt die Lage des Kronenrandes zur Präparationsgrenze. Die Ergebnisse von über 100 untersuchten Zähnen führen ihn zu dem Schluß: "Keine Krone ohne zwingende Indikation". Obwohl eine Selektion nach negativen Gesichtspunkten verneint wird, ist jedoch zu bemerken,

daß es sich um überkronte Zähne handelt, die extrahiert werden mußten. Dabei wird nichts über die Indikation zur Extraktion berichtet.

Bei der Untersuchung der Paßgenauigkeit von Kronen an 156 Zähnen bei 51 Patienten stellt SASSEN (39) fest, daß auf dem Modell 46,8 % einen einwandfreien Randschluß aufweisen: 53,2 % der Kronen waren zu kurz oder zu lang, hatten einen erkennbaren Spalt oder die Abschrägung der Stufe war nicht bedeckt. Bei der Überprüfung der fertigen Kronen im Munde waren nur noch 21,8 % ohne technische Mängel.

SCHULZE (44) berichtet über eine Röntgen-Kontrolluntersuchung an 1532 überkronten Zähnen. Es wird eine deutliche Abhängigkeit der Schäden am marginalen Parodontium von der Art des zervikalen Randschlusses festgestellt.

Parodontopathien und kariöse Läsionen nach der Eingliederung von festsitzendem Zahnersatz untersucht VALDERHAUG (48) in einer 10-Jahresstudie an einer Gruppe von 114 Patienten. Er beobachtet einen geringen Anstieg der Taschentiefe und das Auftreten von Karies in durchschnittlich 10,1 %.

Den Einfluß des Herstellungsverfahrens auf den Randschluß von Metallvollkronen untersuchen WINDECKER und OHLE (50) und vergleichen die Ergebnisse eines Modellversuches auf Stahlstümpfen und eines klinischen Versuches auf präparierten Kronenstümpfen im Munde. Dabei zeigen sich für die experimentellen Laborversuche bessere Ergebnisse (0-70 µ), als bei der klinischen Untersuchung (unter 150 µ).

2.7. Meßmethoden

Die Stärke des Randspaltes wird von vielen Autoren als Indiz für die Paßgenauigkeit ausgewertet. Neben anderen Methoden (radiologische, optische, mechanische, photografische und schließlich über die Radioaktivität von Isotopen im Zementspalt) wird häufig das Ausmessen von Schliffen unter dem Meßmikroskop beschrieben, so bei HÖFT (15), KÖCHER (22), RÖSLER (37), SCHMIERER (43) und WINDECKER und OHLE (50).

An klinisch anwendbaren Methoden bietet sich die Beurteilung mit Spiegel und Sonde an, u.a. bei KÖRBER und LENZ (25).

Eine andere klinisch anwendbare Methode stellt RATHGEB (34) vor. Er testet den Auflagebereich, indem er ein 0,05 mm dickes Indikatorband "Dentape" zwischen Stumpf und Krone preßt. Mängel am zervikalen Randschluß werden so schnell und mühelos aufgedeckt.

REHBERG (35) setzt Kronen und Inlays mit einer elastischen Abformmasse anstelle von Befestigungszement ein und mißt nach dem Aushärten die Dicke des gummielastischen Materials mit dem Interferenzmikroskop oder einer Feinmeß-Schraublehre.

2.8. Definition des Randspaltes

Die zervikale Diskrepanz definiert DEMMEL (3) in einer grafischen Darstellung als den Abstand vom äußersten zervikalen Rand der Krone zur Präparationslinie.

In einer von EICHNER (7) geleiteten Diskussion fordert VOSS, daß der Kronenrand keinen mit dem bloßen Auge erkennbaren Spalt aufweisen und nicht mit der Sonde tastbar sein darf.

Makrostufe und Makrospalt im Gegensatz zu Mikrostufe und -spalt definieren K.H.KÖRBER und LENZ (25) als solche über 0,2 mm. Die klinische Untersuchung ist problematisch, weil der Spalt praktisch von unten getastet werden müßte, da ja seine Öffnung in der Zahnfleischfurche liegt.

Die Feststellung von KNAPPWOST (21), daß die Auflösungsgeschwindigkeit des Zements mit der 3. Potenz der Spaltbreite ansteigt, läßt u.a. REHBERG (36) "einen ganz engen Spalt ... fordern". Außerdem erläutert er am Beispiel eines Haares, was 50 µ sind. Wenn die Ränder "scharf" seien, ließen sich Spalten von 10 - 20 µ tasten.

Da die Angaben über Spaltbreiten in der Literatur variieren, fassen wir nachstehend zusammen, was die einzelnen Autoren an Spaltbreiten fordern bzw. empfehlen oder bei Untersuchungen finden:

DREYER JØRGENSEN (4) fordert, daß der Spalt "nicht etwa 50 µ überschreitet",

REHBERG bei EICHNER und VOSS (7): "Wenn wir in den 20 µ -Bereich kommen, dürfte das optimal sein". Noch kleinere Spalten zu fordern hält er für klinisch sinnlos, weil dann alle unsere Zahnersatzarbeiten schlecht beurteilt werden müßten.

FINGER (10) fordert ausreichend Platz für den Befestigungszement, aber weniger als 50 µ.

Bei der Anwendung von Feinkornzementen mit einer Korngröße zwischen 10 und 20 µ erachtet LEHMANN eine zervikale Spaltbreite von 20 µ als optimal.

VOSS (49) meint dagegen, die klinische Erfahrung lehre, daß ein 50 µ breiter Spalt unbedenklich sei.

Soweit die Empfehlungen der Autoren; die im Einzelnen gefundenen Werte hingegen liegen alle darüber:

So berichten KERSCHBAUM und VOSS (18), daß angestrebte 20 - 50 µ "regelhaft nicht gefunden werden".

K.H.KÖRBER und LENZ (25) finden bei Spalten bis zu 200 µ keine nachteiligen parodontalen Folgen.

Werte zwischen 90 µ und 230 µ mißt MARXKORS (30) an extrahierten Kronen.

PETERS (33) findet durchschnittlich 100 - 300 µ.

In einem Modellversuch ergeben sich bei WINDECKER und OHLE (50) Werte zwischen 0 und 70 µ, in einer klinischen Studie hingegen Werte von 0 - 220 µ.

Und schließlich sei noch MOOSLEITNER (32) erwähnt, der Werte bis zu 500 µ bei Gußkronen angibt.

2.9. Statistik

Die statistischen Grundlagen entnahmen wir den Büchern von CAVALLI SFORZA (2) und SACHS (38). Nähere Erläuterungen dazu sind im Kapitel 3.8.enthalten.

2.10. Der Kronenrand vor Gericht

Welche forensische Bedeutung dem exakten Kronenrand zukommt, macht ein Urteil des Oberlandesgerichts Frankfurt/Main (52) deutlich. (Da der Bundesgerichtshof die Revision abgelehnt hat, handelt es sich um ein höchstinstanzliches und somit rechtsbildendes Urteil).

In einem zusammenhängenden Behandlungsfall führten sämtliche durch Gutachten belegte Vorwürfe wie die fehlerhafte Extraktion eines Zahnes 46, nicht diagnostizierter verlagerter Zahn 48, verfrühtes Einsetzen einer Brücke auf Zahn 47 vor Abheilung der Extraktionswunde in regio 46 und ein "mangelnder Aufbiß wegen zu hoher Zähne der Brücke" nicht zu einer Verurteilung. Anders beurteilt hingegen wurde das Einsetzen der Kronen trotz abstehender Ränder: Der Zahnarzt habe insoweit einen Kunstfehler begangen, der zugleich eine Körperverletzung gemäß § 823 BGB bedeutet, was zu einer Verurteilung auf Zahlung von Schmerzensgeld in Höhe von DM 2.000,-- führte.

3. MATERIAL UND METHODEN

3.1. Vorbemerkungen und Übersicht

In den eingangs zitierten Arbeiten von HÖFT, KÖCHER, RÖSLER und SCHMIERER wurde festgestellt, daß durch eine verstärkte Wachsmodellation die Ergebnisse hinsichtlich der Randspaltenbreite signifikant verbessert werden gegenüber einer Modellation ohne Verstärkung. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es zu klären, ob die Verbesserung durch eine verstärkte Randmodellation auch dann statistisch gültig ist, wenn es sich - im Gegensatz zu bisherigen Untersuchungen zu dieser Frage -

um eine größere Anzahl unterschiedlicher Probanden, die die Kronen anfertigen, handelt, denen der Zweck der Untersuchung nicht bekannt ist.

Im Zuge der Untersuchung war zu klären, ob die Auswertung des Randspaltes als Indiz für die Paßgenauigkeit vereinfacht und verbessert werden kann.

Außerdem stellen wir eine makroskopisch klinische Beurteilung der mikroskopisch metrischen Beurteilung am gleichen Untersuchungsgut gegenüber, um zu prüfen, ob die Ergebnisse einer im Munde durchführbaren Kontrolle sich mit denen unter dem Meßmikroskop im Einklang befinden.

Zu diesem Zweck wurden von 70 Studenten im Rahmen eines prothetischen Phantomkurses je 2 Kronen hergestellt, die von jedem Hersteller unter sonst gleichen Bedingungen in gleichen Arbeitsgängen hergestellt wurden (Abb.1).

Abb. 1: Fertige Arbeit: Kronen 43 und 44

Es wurde das im Klinikbetrieb übliche Material verwendet und die Arbeiten im Studentenlabor durchgeführt. Lediglich in der Wachsmodellation unterschied sich die Aufgabenstellung:

Zahn 43 Verblendkrone mit herkömmlicher Randmodellation
Zahn 44 Verblendkrone mit verstärkter Randmodellation und zwar in der von E.KÖRBER vorgeschlagenen Art.

Die 140 Kronen wurden in einer sorgfältigen klinischen Untersuchung mit Sonde und Auge nach 5 spezifischen Kriterien bewertet.

Wir haben anschließend versucht, in der von REHBERG (35) beschriebenen Art, mit elastischer Abformmasse die Paßgenauigkeit der Kronen zu ermitteln. Danach haben wir

eine zufällige Auswahl von 50 Kronen auf die Stümpfe zementiert und zur weiteren Verarbeitung in Epoxydharz eingebettet.

Um die Nachteile beim herkömmlichen Zersägen eingebetteter Kronen auf Stümpfen zu verringern, haben wir zwei neue Sägeverfahren angewandt. Die so gewonnenen Teile wurden plangeschliffen und unter dem Meßmikroskop der Randspalt ermittelt.

3.2. Zähne, Präparation, Abdruck

Im Studentenkurs wurden je 70 Frasaco Zähne 43 und 44 zur Aufnahme von Kunststoff-Verblendkronen beschliffen und zwar mit glatt verlaufendem Rand und im Bereich der Verblendung mit einer Winkelstufe mit Abschrägung. (Im Hinblick auf die metrische Auswertung des Randspaltes war zu erwarten, daß das Ergebnis aus verschiedenen Beobachtungen um den Zahnumfang verteilt, sich sowohl aus verlaufender als auch aus Stufenpräparation ergibt).

Es wurde das Korrekturabdruckverfahren mit Silaplast/Silasoft (Firma Detax-Dental Karl Huber KG, Karlsruhe) im konfektionierten Löffel angewandt. Die beschliffenen Frasaco Stümpfe befanden sich in einem Kunststoff-Unterkiefermodell und an Stelle von Retraktionsfäden wurde herkömmlicher Baumwollfaden verwendet (Abb. 2).

Abb. 2: Präparierte Frasaco Stümpfe 43 und 44

3.3. Laborarbeiten

Vom Korrekturabdruck wurde ein Superhartgips - Sägemodell (Vel-Mix Stone, Firma Kerr Europa) hergestellt. Die Präparationsgrenze wurde dargestellt, indem mit einem Rosenbohrer eine Rinne exakt unter der Demarkationslinie eingefräst wurde. Auf den Stümpfen sind Tiefziehkäppchen mit dem Erkopressgerät als Grundlage der Kronenmodellation angefertigt worden. Diese Käppchen wurden 1 mm über dem markierten Präparationsrand abgeschnitten und darauf die Modellation mit dem Degussa Gußwachs-Set erstellt. Die Ränder wurden mit dem weichen gelben Wachs angeschwemmt und dann bei 43 wie üblich, dünn

auslaufend modelliert und bei 44 stattdessen das Wachs tropfenförmig im Überschuß aufgetragen. Unter Führung durch die vorher eingefräste Rinne unterhalb der Präparationslinie wurde das überschüssige Wachs abgeschnitten (Abb. 3).

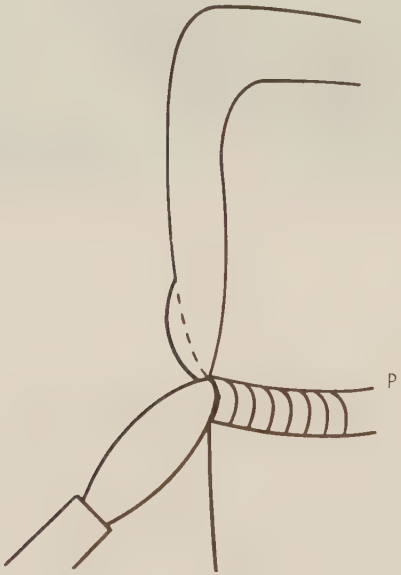


Abb. 3: Schematische Darstellung der verstärkten Randmodellation in Wachs und der Abtragung des Wachsüberschusses; P = Präparationsgrenze

Nach dem Einbetten beider Kronenmodellationen in dieselbe Küvette, dem Auswachsen und Vorwärmen wurden die Kronen in der Degussa Tiegelschleuder mit Degussa-Phantommetall gegossen. Danach wurden die Kronen wie herkömmlich ausgebettet und ausgearbeitet. Bei Krone 44 wurde der übermodellierte Rand auf die anatomische Kontur reduziert.

Im übrigen ergaben sich die Grundlagen für die Anfertigung der Laborarbeiten aus der Literatur von BEEK (1), K.H.KÖRBER (26), LEHMANN (28) und MARXKORS (31).

EIGENE UNTERSUCHUNGEN:

3.4. Klinisch makroskopische Untersuchung

Nach der Herstellung haben wir die Kronen auf den Originalstumpf gesetzt und nach folgenden Gesichtspunkten beurteilt (Abb. 4):

1. Makrostufe: Kronenrand zu dick (über 200 µ)
2. Makrospalt: Kronenrand steht ab (über 200 µ)
3. zervikale Diskrepanz: Kronenrand zu kurz, Präparationsgrenze nicht erreicht
4. Politur und Ausarbeitung: Anatomische Form, Hochglanz, Randverlauf unsauber (Zähnung)
5. Gußqualität: Lunker, Poren etc.

Zur Differenzierung wurde eine Punkteskala von 0 - 10 Punkte verwendet, wobei 10 Punkte vergeben wurden für eine Krone, die bezüglich des jeweiligen Gesichtspunktes 1 - 5 (Makrostufe, Makrospalt, zervikale Diskrepanz, Politur und Ausarbeitung, Gußqualität) die Anforderungen der Wissenschaft voll erfüllt:

10 Punkte - keinerlei Mängel
8 Punkte - noch gut
6 Punkte - noch zufriedenstellend
4 Punkte - deutliche Mängel
2 Punkte - ohne Nacharbeiten unbrauchbar
0 Punkte - unbrauchbar

Es erfolgte keinerlei Selektion, von der besten bis zur schlechtesten Krone wurden alle 140 Kronen herangezogen. Es ergab sich für jede Krone aus den einzelnen Bewertungen eine durchschnittliche Punktezahl. (siehe Tab. Nr. 2 a - f)

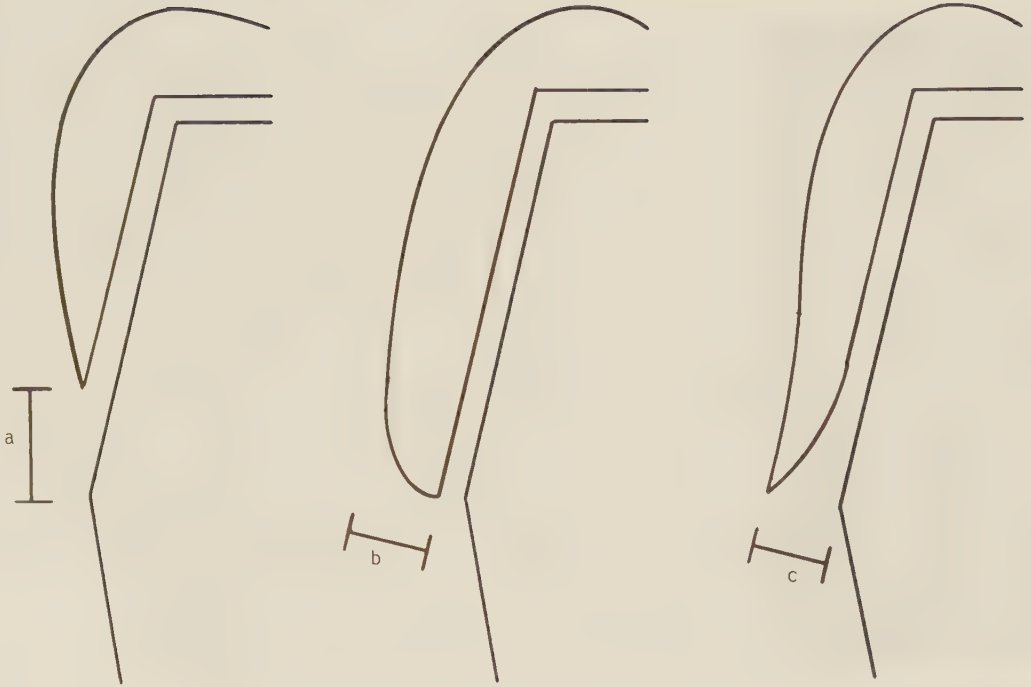


Abb. 4: Schema: zervikale Diskrepanz (a), Makrostufe (b), Makrospalt (c)

3.5. Eine andere Methode zur Darstellung des Randspaltes

Um die Paßfähigkeit von Gußkörpern zu beurteilen, gibt REHBERG (35) eine Methode an, bei der diese mit gummielastischer Abformmasse eingesetzt werden. Nach dem Aushärten werden die gewonnenen Filmstücke untersucht und zwar a) unter dem Interferenzmikroskop und, weil zu "umständlich und zeitraubend", b) mit der Feinmeßschraublehre.

Wir haben versucht, wie von REHBERG angegeben, eine Eichkurve zu erstellen. Dazu haben wir frisch angerührte Abformmasse zwischen zwei plangeschliffene Objektträger gebracht und die Schraublehre auf einen bestimmten Wert zugedreht. Nach dem Aushärten wurde ermittelt, wie weit sich die Schraublehre noch zudrehen ließ, d.h. welchen Wert man mißt bei einer definierten abgeformten Schichtdicke. Dabei stellte sich heraus, daß das Auskuppeln der Ratsche nicht immer bei genau demselben erreichten Anpreßdruck erfolgt. Daher schwanken die Meßwerte am selben Materialstück. Bei beliebig vielen Messungen desselben Filmstückchens am gleichen Meßpunkt ergaben sich beliebig viele Werte. Wir haben definierte Schichtdicken von je 500, 200, 100, 50 und 20 µ hergestellt und vermessen. Zum Vergleich machten wir dieselben Versuche mit verschiedenen Abformmaterialien (Impregum, Silasoft, Xantopren). Als Vorversuch führten wir drei Serien mit je 3 Materialien und jeweils 5 Schichtstärken durch. (Tab. Nr. 1, Abb. 5, 6)

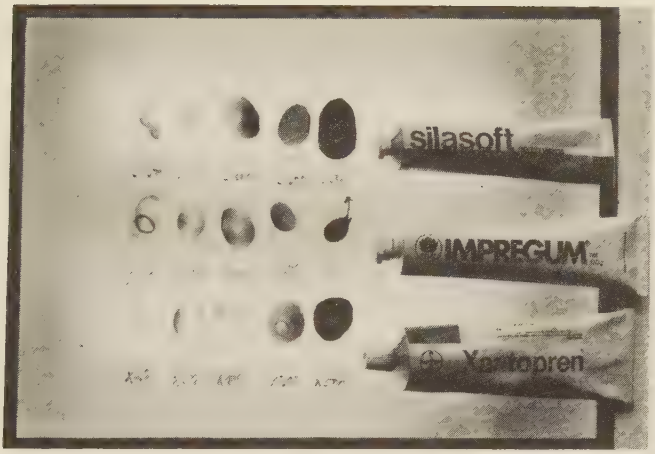


Abb. 5: definierte Materialstärken zwischen plangeschliffenen Gläsern

Ein Mangel ergab sich vom Material her: Bei dünnen Schichtstärken (20 µ) riß das Häutchen vor dem Aushärten unter den Gläsern spontan auseinander, so daß sich keine meßbare Schicht ergab, obwohl sich die Gläser in einem definierten Abstand von 20 µ befanden.

Wir haben dann versuchsweise einige Kronen mit Abformmaterial auf die Stümpfe gesetzt. Die so gewonnenen Abformungen des Zementspaltes haben wir in der von REHBERG empfohlenen Weise geteilt und versucht, mit einer Feinmeß-Schraublehre, wie beim Autor abgebildet, die Schichtdicke zu messen. Dabei zeigte sich das Problem, daß die Aufstandsflächen normaler Schraublehren zu groß sind, um kleine Gebiete, besonders gekrümmte Teile, wie im Zervikalbereich zu erfassen.

Es wurde deshalb eigens eine Feinmeßschraublehre mit besonders kleinem Stempel beschafft: Die kleine Meßfühlerfläche übt aber einen viel zu großen Druck aus, selbst noch bei einer besonders leicht ansprechenden Ratschenkupplung.

Um den Nachteil der Nachgiebigkeit beim Messen zu kompensieren und die Häutchen besser verarbeitbar zu machen, haben wir versuchsweise einige "Zementspaltabformungen" in Epoxydharz eingebettet. Jetzt ließ sich das Meßobjekt gut handhaben. Wir haben jedoch diesen Versuch nicht weiter verfolgt, da das Verfahren als mehrfach indirekt möglicherweise zu vielen Einflüssen unterliegt, die sich in unkontrollierter Weise auf das Ergebnis auswirken können.

Da der maßgebliche Randspalt u.a. erheblich von der Abflußmöglichkeit des Zements abhängt, die sich wiederum aus der Präparationsform einerseits und der Viskosität des Zements andererseits ergibt, wäre es wünschenswert, die Abformung mit einem Material durchzuführen, das in seinem Fließverhalten dem des Befestigungszementes nahekommt.Dies ist allerdings bei dünnfließenden Abformmassen nicht der Fall, wie REHBERG (36) selbst in einer (anderen) Arbeit über den exakten Randschluß angibt: " In Vorversuchen wurde festgestellt, daß eine solche Masse in Spalten ... erheblich besser fließt als ein Phosphatzement".

Wir konnten deshalb mit der von REHBERG angegebenen Methode keine korrekten Messungen von Randspaltbreiten durchführen.

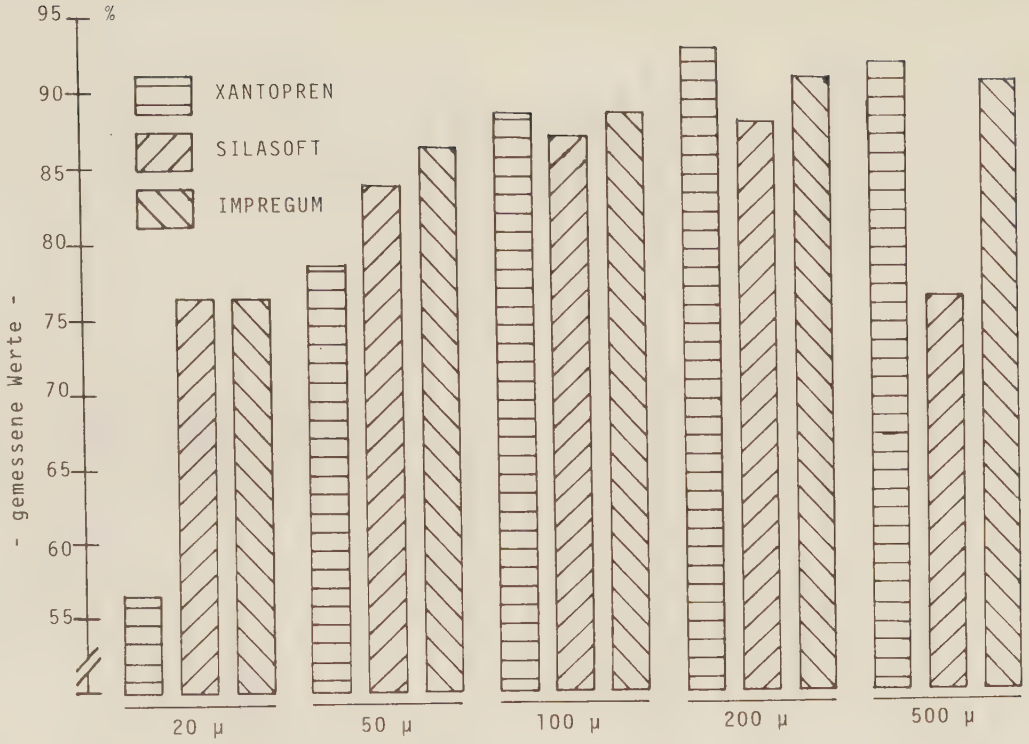


Abb. 6: Vergleich der meßbaren Stärke der verschiedenen Abformmaterialien in % nach Abbinden in vorgegebenen Spaltbreiten von 20, 50, 100, 200 und 500 µ. Die Differenz zum Sollwert ergibt sich aus Schwund und Elastizität und läßt kein lineares Verhalten erkennen. 1 Säule $\hat{=}$ $\overline{x}$ aus 3 Versuchsreihen.

3.6. Zementieren

Wir reinigten die Kroneninnenflächen und die Stümpfe mit 70% Alkohol. Als Befestigungsmaterial wählten wir Harvard Feinkornzement normalhärtend. Eine zahnärztliche Helferin rührte den Zement nach Vorschrift auf gekühlter Glasplatte dünn sahnig an. Um unterschiedliche Einflüsse beim Aufsetzen und ungleiche Druckkräfte zu vermeiden, haben wir eine spezielle Apparatur aufgebaut. An deren Basis wurde der präparierte Stumpf zentriert eingesetzt. Auf den Zahn drückte ein Stempel, der über einen Hebel mit 10 kp gleichmäßig zu belasten war (5 kp am doppelten Hebelarm) und dessen Stempelfläche von einer Matritze gebildet wurde, die aus dem Abdruck einer Krone 43 bzw. 44 hergestellt war. Damit sollte ein Verkanten und seitliches Verdrücken vermieden werden. Die Kronen wurden innen dünn mit Zement beschichtet und auf die Stümpfe aufgesetzt. Dann wurde der Hebel durch Einhängen des Gewichtsstückes belastet. Die Belastung blieb jeweils bis zum Abbinden des Zements bestehen.

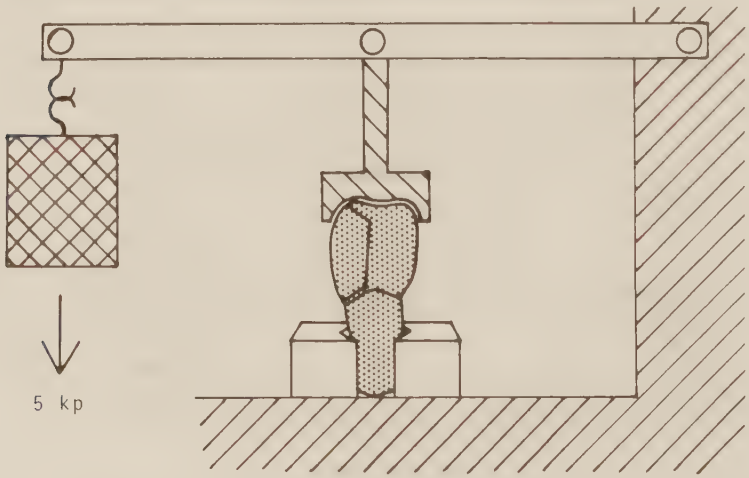


Abb. 7: Gerät zum Zementieren von Kronen mit genormtem Druck

3.7. Mikroskopische Untersuchung

3.7.1. Einbetten

Zur weiteren Verarbeitung hat es sich in ähnlichen Untersuchungen bewährt, die überkronten Zähne einzeln einzubetten. Wir benutzten dazu Epoxydharz der Marke "Wirtz-Akemi" der Firma Jean Wirtz, Düsseldorf, das streng nach den Anweisungen verarbeitet wurde. Ein anderer Teil der Zähne wurde in thermoplastische Masse eingebettet. Näheres dazu im folgenden Abschnitt.

3.7.2. Sägen

Die herkömmliche Methode, eingebettete Zähne an einem rotierenden Kreissägeblatt zu zerteilen, führte regelmäßig zu Problemen. Wenn die Hitzeentwicklung noch durch Schmier- und Kühlmittelzugabe begrenzt werden konnte, so waren es die am Sägeblatt freiwerdenden Kräfte, die häufig dazu führten, daß sich Kronenteile vom Stumpf und beides aus der Einbettung lösten, wie u.a. bei SCHMIERER (43).

Im Max-Planck-Institut für Festkörperphysik in Stuttgart-Büsnau erhielten wir die Gelegenheit, 2 neue Sägeverfahren anzuwenden.

Ein weitgehend erschütterungsfreies Zerteilen erfolgt mit der Diamantfadensäge (Abb. 8 und 9).

An diesem Gerät sind sämtliche Faktoren variabel einstellbar, wie Fadenanpresskraft, Fadengeschwindigkeit, Sägewinkel, Schmiermittelzugabe usw.

Abb. 8: Diamantfadensäge, Übersicht

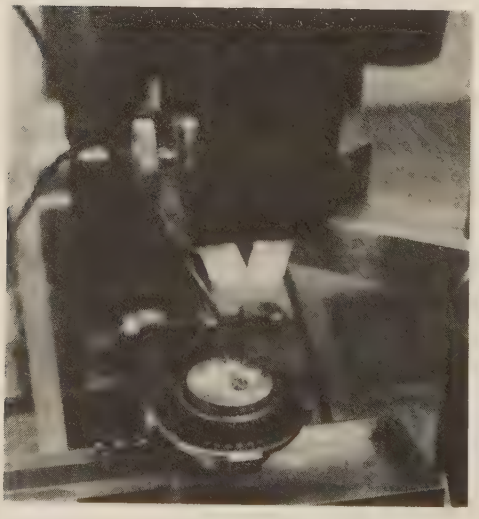


Abb. 9: Diamantfadensäge, Ausschnitt

Über Rollen wird ein diamantierter Faden über das Werkstück gezogen, wobei in langsamer Betriebsart praktisch vibrationsfrei gesägt werden kann. Ein Nachteil dieser aufwendigen Methode liegt am Zeitaufwand: Für das Aufteilen einer Krone in 4 Viertel wurde jeweils annähernd ein ganzer Tag benötigt.

Diesen Nachteil vermeidet ein anderes Verfahren, das Sägen mit der Innenlochsäge. Während die am Kreissägeblatt freiwerdenden Zentrifugal- und Zentripetalkräfte gegen den Anpressdruck des Werkstückes das Bestreben haben, zusammengesetzte Teile zu zerreißen, ist dies an der Innenlochsäge gerade umgekehrt. Die Kräfte, die an der Schnittstelle auftreten, werden im Sägeblatt abgeleitet und richten keinen Schaden am Werkstück an. Zusammengesetzte Teile werden durch den konkaven Schnittlinienverlauf beim Andrücken an das Sägeblatt eher zusammengehalten als auseinandergerissen.

Es wurden jeweils drei Zähne nebeneinander mit einer thermoplastischen Masse auf einen Keramik-Block aufgeschmolzen. Dieser Träger wurde dann in die Sägemaschine eingesetzt, der dann das Werkstück von der zentralen Aussparung her an das Blatt der Innenlochsäge vorschiebt (Abb. 10 und 11).

Mit Diamantfadensäge und Innenlochsäge haben wir so 50 Kronen - eine zufällige Auswahl, die durch das Los ermittelt wurden - in 4 Viertel geteilt.

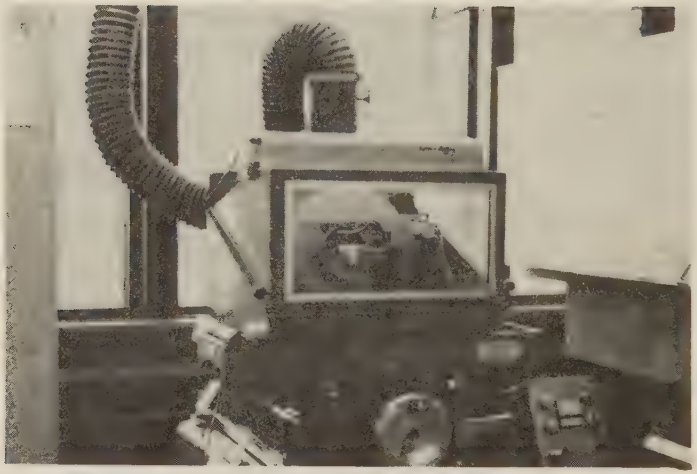


Abb. 10: Innenlochsäge, Übersicht

Abb. 11: Innenlochsäge, Ausschnitt

Zu den durchgeführten "Säge"-Verfahren ist anzumerken, daß es sich in technischem Sinne nicht um Sägen, das ist eine spanabhebende Zerteilung eines Werkstückes, handelt, sondern vielmehr um eine Art Trennschleifen. Sowohl bei der Diamantfadensäge (wie schon der Name erläutert) als auch bei der Innenlochsäge wird die abtragende Wirkung durch die Diamantbeschichtung des Werkzeuges erzielt.

Die folgende Abb. 12 stellt das Prinzip der drei verschiedenen Sägemethoden schematisch dar:

a)

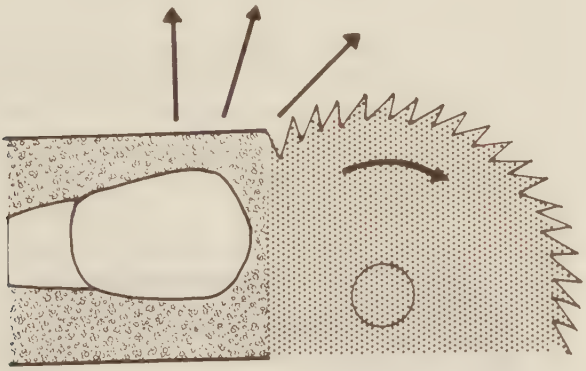


Abb. 12 a): herkömmliche Kreissäge; die am Umfang des Sägeblattes freiwerdenden Zentrifugal- und Zentripetalkräfte greifen im Werkstück an, zusammengesetzte Teile werden auseinandergerissen

b)

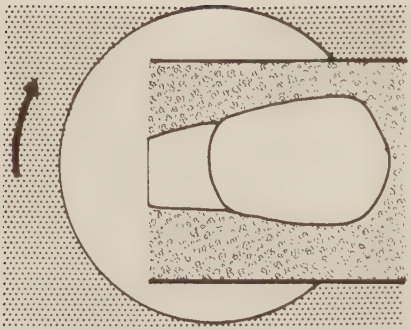


Abb. 12 b): Innenlochsäge; an der Sägekante freiwerdende Zentrifugal- und Zentripetalkräfte werden im Sägeblatt abgebaut

c)

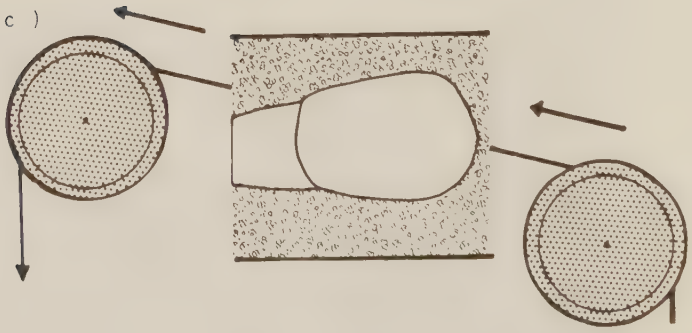


Abb. 12 c): Diamantfadensäge; nur ziehende Krafteinwirkung geringer Größe

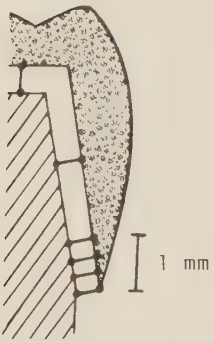
3.7.3. Planschliff

Da die Tiefenschärfe bei einer Vergrößerung 1 : 400 im Bereich von 4 µ liegt, mußten die Sägeflächen plangeschliffen werden. Zum Planschleifen wurden die Abschnitte auf einer Horizontalschleifmaschine der Firma Jean Wirtz, Düsseldorf, bearbeitet:

1. Naßschleifen auf Siliziumkarbid-papier mit Körnungen von 180 - 600.
2. Polieren mit Diamantpolierpaste 3 µ und dann mit Korngröße 1 µ.

3.7.4. Ausmessen der Spaltbreiten

Die metrische Auswertung der Schliffe führten wir mit dem LEITZ Großfeldmikroskop ORTHOPLAN (Objektiv HD A 50 x 10,75; Großfeldokular 8x) im Auflicht bei Dunkelfeldbeleuchtung durch. Die Skala im Okular ist in 100 Teilstriche unterteilt, wobei ein Teilstrich 2,6 µ entspricht. Die Schliffe wurden auf einem Objektträger mit Plastilin fixiert und mit Hilfe eines Parallelführungsgerätes eingestellt.



Je Schliff wurden 4 Messungen im unmittelbaren Randbereich über 1 mm verteilt ermittelt. Zur Beurteilung der allgemeinen Paßgenauigkeit wurde außerdem je Krone 1 Wert lateral und 1 Wert okklusal gemessen (siehe Schema).

3.8. Statistik

Zur statistischen Auswertung der Punktwerte aus der makroskopischen Untersuchung und der Messungen unter dem Mikroskop wurden Mittelwert ($\bar{x}$), Standardabweichung (s) und der t-Test für den Vergleich zweier Mittelwerte berechnet. Wir führten die Berechnungen nach Gleichungen in SACHS (38) und nach der p-Wert Tabelle in CAVALLI-SFORZA (2) mit dem technisch-wissenschaftlichen Rechner LC 2280 SR mit statistischen Funktionen durch.

Dabei ist der Mittelwert ($\bar{x}$) das arithmetische Mittel aus den Einzelwerten der Stichprobe, ein geschätzter Wert für den tatsächlichen Mittelwert aus der Grundgesamtheit.

Die Standardabweichung (s) stellt den Bereich über und unter dem Mittelwert dar, in den 68,26 % aller Werte fallen.

Zur Ermittlung der Signifikanz eines Unterschieds bedient man sich des t-Tests, nach dem Pseudonym des Mathematikers Gosset auch Student-Test genannt. Dazu benützt man die Nullhypothese. Diese geht davon aus, daß zwischen den betrachteten Teilgesamtheiten keine echte Differenz vorhanden ist. Man prüft die Wahrscheinlichkeit, die für diese Annahme spricht. Kann man die Nullhypothese mit einer ausreichend kleinen Irrtumswahrscheinlichkeit (weniger als 5 %) ablehnen, so darf der Unterschied als signifikant betrachtet werden und bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 1 % als hoch signifikant.

Je größer der Absolutwert für t ist, desto wahrscheinlicher ist die eine untersuchte Menge von der anderen Menge verschieden. Der entsprechende Wert von t für die einzelnen Irrtumswahrscheinlichkeiten ist außerdem von dem Freiheitsgrad der Stichproben abhängig.

Da Meßwertepaare vorlagen (jeweils mit bzw. ohne verstärkte Randmodellation), geht es im vorliegenden Fall um den Vergleich zweier Mittelwerte verbundener Stichproben, das heißt von gepaarten Beobachtungen. Der Wert von t wird in einem solchen Fall nach folgender Formel berechnet:

$$t = \frac{d}{s_{d_i}} \cdot \sqrt{n}$$

$\bar{d}$ = mittlere Differenz von $\bar{x}_i$

s_{d_i} = Standardabweichung der Einzeldifferenz

n = Anzahl der Differenzen

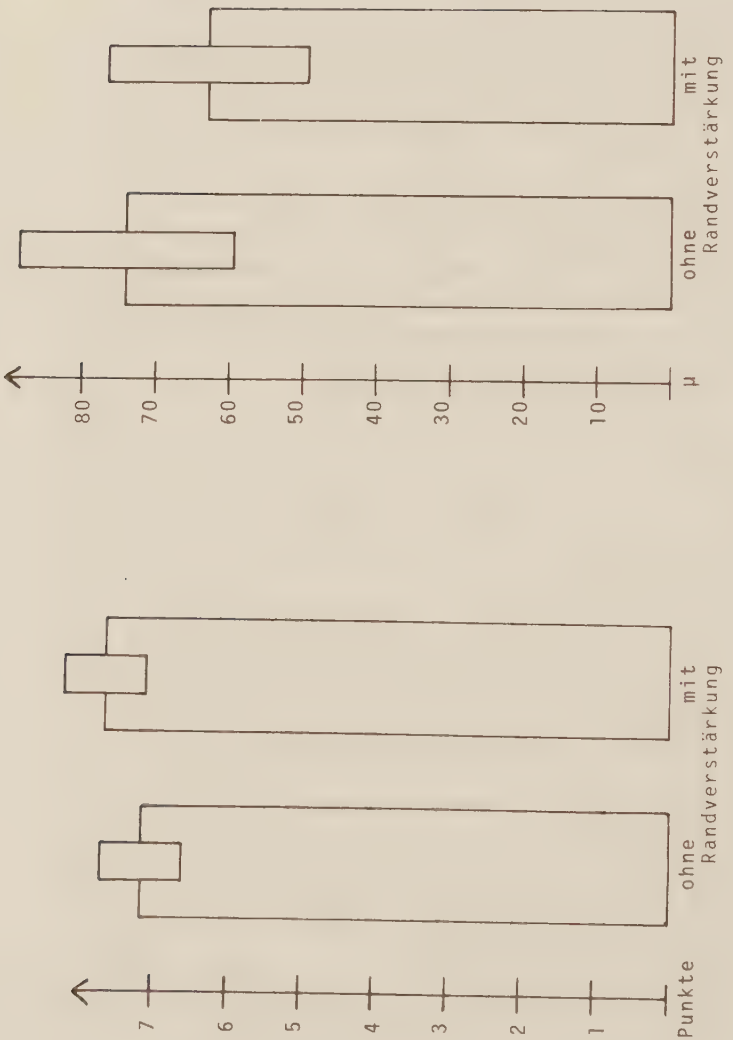


Abb. 13: Säulendiagramme $\bar{x}$ und s: Vergleich nach unterschiedlicher Modellation. Die Kronen mit Randverstärkung zeigen eine um 0,5 Punkte bessere Paßgenauigkeit (IW < 1%) und einen um 11,1 μ geringeren Randspalt (IW < 5%).

4. ERGEBNISSE

Zur Überprüfung, ob die verstärkte Randmodellation in Wachs auf die Paßgenauigkeit von Kronen Einfluß hat, wurden 140 Kronen von 70 verschiedenen Studenten angefertigt. Diese wurden einer klinisch durchführbaren Prüfung unterworfen und 50 ausgeloste Kronen davon noch unter dem Mikroskop ausgewertet.

4.1. Auswertung der Versuche

Die klinisch makroskopische Prüfung ergab 700 einzelne Punktwerte, von denen für jede Krone ein mittlerer Punktwert berechnet wurde (Kriterien siehe 3.4., Werte siehe Tab. Nr. 2 a - f).

Die mikroskopische Untersuchung ergab 707 Meßwerte. Diese sind Skalenteile des Meßokulars; 1 Skalenteil entspricht 2,6 µ. Für die einzelnen Kronen wurden entsprechende Protokolle angefertigt (siehe Tab. Nr. 3 a - i). Es erfolgte keinerlei Selektion, vielmehr wurde das gesamte Untersuchungsgut ausgewertet; dabei blieb die Frage unberücksichtigt, inwieweit etwa fehlerhafte Kronen nicht im Munde eines Patienten eingesetzt worden wären.

Durch das neue Verfahren beim Teilen der zementierten Kronen wurde beim Sägen mit der Diamantfadensäge und mit der Innenlochsäge keine Krone unbrauchbar. Trotzdem war der Ausfall einiger weniger Kronenviertel zu beklagen: beim Erstellen der Planschliffe trennten sich bei ungünstigen Retentionsverhältnissen (z.B. wenn der Student die präparierten Stümpfe besonders stark

geglättet hatte) Frasaco-Stumpfviertel aus dem Zementmantel. Wir verzichteten in diesen Fällen bewußt auf eine Reposition wegen der möglichen Fehler und beschränkten uns auf die unverletzten Kronen-Stumpfteile.

4.2. Statistik

Die einzelnen Ergebnisse wurden nach den in Kapitel 3.8. angeführten statistischen Methoden ausgewertet.

Makroskopisch klinische Bewertung nach 5 Kriterien mit 0 - 10 Punkten:

70 Kronen (Zahn 43) mit herkömmlicher Randmodellation erreichten durchschnittlich

$\bar{x}$ = 7,13 Punkte.

Die Standardabweichung betrug

s = 1,11 Punkte.

70 Kronen (Zahn 44) mit verstärkter Randmodellation erreichten durchschnittlich

$\bar{x}$ = 7,63 Punkte.

Die Standardabweichung betrug

s = 1,12 Punkte.

Der t-Test für paarweise Differenzen nach der Formel

$$t = \frac{\bar{d}}{s_{d_i}} \cdot \sqrt{n}$$ ergab die Werte:

$\bar{d}$ = 0,61;

s_{d_i} = 0,54;

t = 8,58.

Dies bedeutet, daß die Kronen mit verstärktem Rand nach den 5 Kriterien: Makrostufe, Makrospalt, zervikale Diskrepanz, Politur und Ausarbeitung, Gußqualität, durchschnittlich um 0,5 Punkte besser zu bewerten sind.

Der Unterschied ist bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 1 % hoch signifikant.

Mikroskopisch metrische Bewertung des Zementspaltes:

25 Kronen (Zahn 43) mit herkömmlicher Randmodellation ergaben durchschnittliche Zementspaltbreiten

$\bar{x}$ = 28,44 Skalenteile (≙ 73,9 µ) bei einer Standardabweichung von

s = 11,2 Skalenteile (≙ 29,1 µ).

25 Kronen (Zahn 44) mit verstärkter Randmodellation ergaben durchschnittliche Zementspaltbreiten

$\bar{x}$ = 24,18 Skalenteile (≙ 62,9 µ) bei einer Standardabweichung von

s = 10,4 Skalenteile (≙ 27 µ).

Die Spaltbreite bei verstärkter Randmodellation ist durchschnittlich um 4,26 Skalenteile geringer.

Der t-Test für paarweise Differenzen ergab die Werte:

$\bar{d}$ = 4,26;

s_{d_i} = 7,8;

t = 2,73.

Der Unterschied ist bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 5 % signifikant.

5. DISKUSSION

Daß der Kronenrand oft über den Erfolg einer Krone oder Brücke entscheidet, wurde mehrfach dargelegt. Die Paßgenauigkeit der Krone ist von großem Einfluß auf die Qualität der gesamten Arbeit. Die Untersuchungen von SCHMIERER, HÖFT, KÖCHER und RÖSLER ergaben jeweils für sich eine Verbesserung der Paßgenauigkeit am Kronenrand durch die verstärkte Modellation in Wachs.

Interessant war jetzt noch, ob diese Ergebnisse von einzelnen Versuchen auch unter üblichen Bedingungen von einer größeren Anzahl von Kronenherstellern verifiziert werden können. Die Resultate von 70 Studenten während eines Kurses mit allgemeiner Zielsetzung konnten dies bestätigen.

Dabei ist zu bemerken, daß diese 70 Studenten in statistischem Sinne ideale Probanden waren, da sie eine völlig heterogene Population darstellten: Es waren darunter vom ausgebildeten Zahntechniker bis zum zahntechnischen Anfänger ohne Vorbildung sämtliche Stufen zahntechnischen Könnens vertreten.

Der individuelle Faktor

Die Betrachtung der Ergebnisse zeigt, daß mit der verstärkten Randmodellation überwiegend und auch signifikant bessere Ergebnisse zu erreichen waren. Sie zeigt aber auch, daß es nicht in jedem Falle unbedingt so sein muß: In 9 Fällen (Kronen Nr. 26, 34, 42, 58, 74, 84, 100, 102, 118) war sogar die Krone mit Randverstärkung nach der klinischen Be-

wertung schlechter und in 13 Fällen gab es scheinbar keinen Unterschied.

Von den 9 Fällen der Verschlechterung hielt sich diese jedoch in Grenzen: 6 mal betrug sie lediglich 0,4 Punkte, 2 mal 0,8 Punkte und nur einmal 1,2 Punkte.

In diesen Fällen kommen Kronen vor mit einem relativ hohen Niveau und solche von weniger guter Ausführung. Eine Erklärung bestünde darin, daß ein Techniker, der mit der herkömmlichen Methode (ohne verstärkten Rand) routinemäßig beste Ergebnisse erzielt, mit der modifizierten Modellation "Neuland" betritt und deshalb (noch) nicht so gute Ergebnisse erzielt.

Von FRÖHLICH/E.KÖRBER (13) wird dies (in einem anderen Zusammenhang) bestätigt:

"Wenn ein Techniker ... in der Anwendung einer Methode eine größere Fertigkeit entwickelt hat, sollte man darauf Rücksicht nehmen, da er mit einer ungewohnten Methode möglicherweise qualitativ schlechter arbeiten würde".

Eine andere Möglichkeit besteht darin, daß ein weniger begabter Kronenhersteller - durch den höheren Ausarbeitungsaufwand bedingt - die Krone mit verstärkter Randmodellation zuletzt verschlechtert (siehe Abb. 14, 15, 16 und 17).

Daß sich in 13 Fällen kein Unterschied ergab, mag bei einem mehr oder weniger großen Teil davon daran liegen, daß es Studenten gibt, die mit beiden Methoden gute Ergebnisse erzielen. In 6 Fällen sind diese Arbeiten besser als der Durchschnitt, in 7 Fällen schlechter.

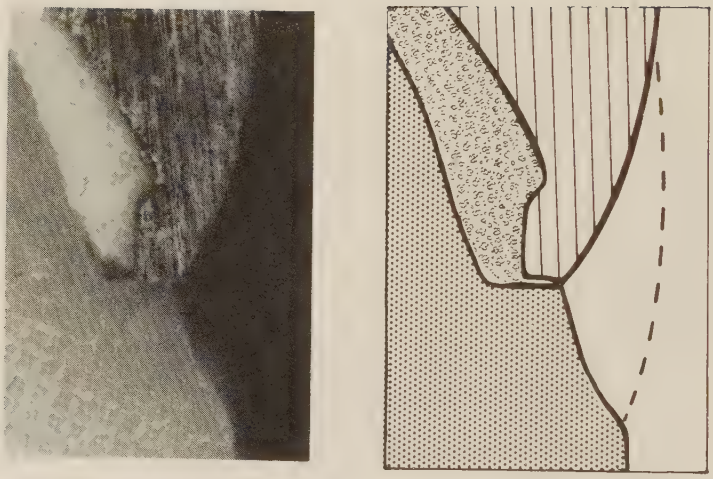


Abb. 14: Die Abschrägung bleibt unbedeckt
(Beispiel Krone 107)

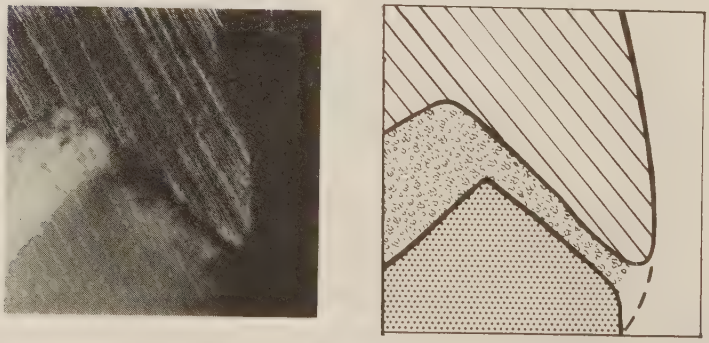


Abb. 15: Abgedeckte Abschrägung
(Beispiel Krone 2)

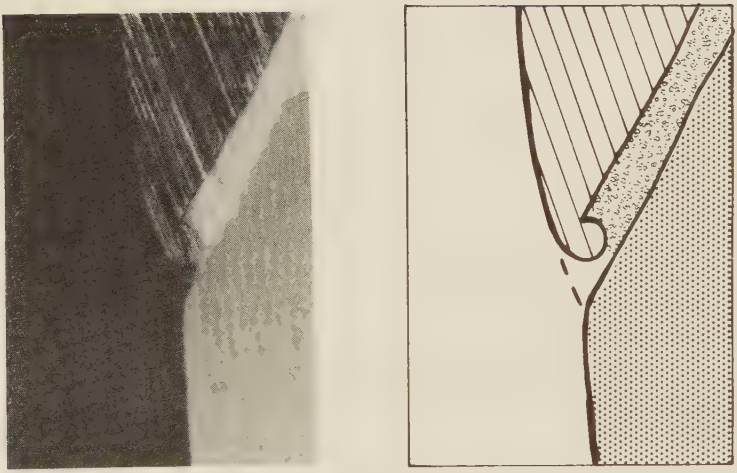


Abb. 16: Zu starkes Ausarbeiten mit Randverstärkung
(Beispiel Krone 10)

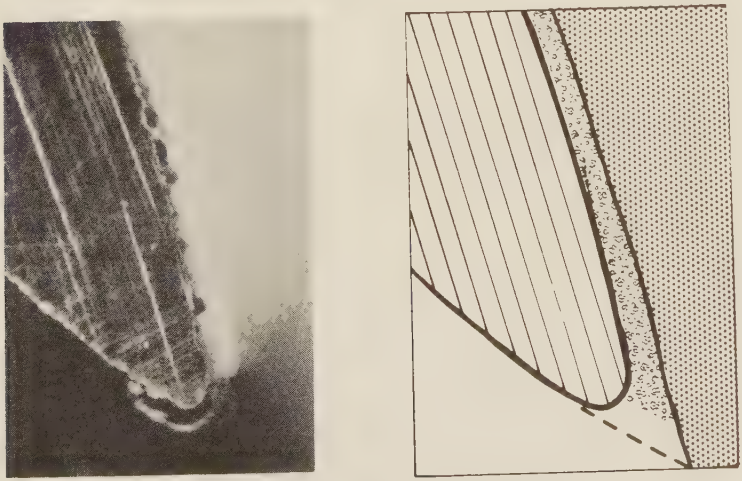


Abb. 17: Zu starkes Ausarbeiten ohne Randverstärkung
(Beispiel Krone 9)

Die Mehrheit erzielte jedoch deutlich bessere Kronenränder mit der verstärkten Randmodellation.

Die makroskopische Beurteilung der Kronen ergab eine hoch signifikante Verbesserung durch die verstärkte Randmodellation, die mikroskopische "nur" eine signifikante Verbesserung. Daraus ergibt sich einerseits eine Übereinstimmung (nämlich die signifikante Verbesserung) und andererseits ein Unterschied (einmal signifikant und einmal hoch signifikant).

Die Ergebnisse beider Verfahren stehen somit in Einklang, d.h. die Untersuchung unter dem Mikroskop bestätigte die mit der klinischen Methode gewonnenen Werte im Grunde.

Daß die Resultate nicht völlig deckungsgleich übereinstimmen, war zu erwarten, da

1. durch das Zementieren der Sitz der Kronen einem weiteren Einfluß unterworfen wird und
2. bei der klinischen Untersuchungsmethode auch Kriterien wie Makrostufe, Politur und Ausarbeitung bewertet werden, was zwar hinsichtlich der angestrebten Verbesserung durch die verstärkte Randmodellation wichtig erscheint, aber in der mikroskopischen Messung keinen Niederschlag findet.

Es sei noch angefügt, daß eine weitergehende statistische Überprüfung, u.a. der Vergleich der einzelnen 5 Kriterien (siehe 3.4.) bei der makroskopischen Untersuchung untereinander und einzeln gegenüber den gemessenen Randspaltwerten keinerlei statistisch relevante Aussagen zuließ.

Die Möglichkeit, eine Krone mit dünnfließendem elastischem Abdruckmaterial auf den Stumpf zu setzen, wobei der abge-

formte Raum den Zementspalt darstellt, ist eine praktikable Methode, die Paßgenauigkeit einer Krone mit dem Auge zu beurteilen. Aus Gründen der Materialeigenschaften und der Handhabung konnten wir keine ausreichend exakten Resultate erzielen, die eine wissenschaftliche Verwertung zuließen.

Obwohl die Kronen mit Degussa-Phantommetall hergestellt wurden, ist davon auszugehen, daß die Ergebnisse auf Arbeiten mit Goldlegierungen übertragbar sind. Die erwähnten Arbeiten einzelner Kronenhersteller (SCHMIERER usw.) wurden aus Dentalgold angefertigt und ergaben über die randverstärkte Modellation dieselbe Aussage. Weder aus der vorliegenden noch aus vorangehenden Untersuchungen ergeben sich Hinweise, daß sich die durch die verstärkte Randmodellation ergebende Verbesserung in irgendeiner Abhängigkeit von der gewählten Legierung befindet.

Schlußfolgerung

Unsere Untersuchungen zeigen, daß durch die von E.KÖRBER beschriebene Modifikation der Randmodellation die überwiegende Mehrheit unvoreingenommener Kronenhersteller deutlich bessere Kronenränder hervorbringt, als mit der herkömmlichen Methode. Die Gefahr fehlerhafter Einflüsse aufgrund der bedingten umfangreicheren Ausarbeitung ist durch entsprechende Sorgfalt zu beherrschen. Da Kronen an den Stellen höchster mechanischer Beanspruchung - in der Nähe des Randes - eine ausreichend solide Materialstärke haben sollten, um ein Aufbiegen zu verhindern, ist die Verstärkung der Wachsmodellation in der beschriebenen Art und Weise zu befürworten. Der klinische Eindruck der Paßgenauigkeit von Kronen vor

dem Zementieren konnte der mikroskopischen Überprüfung standhalten, was die Unterschiede durch die verschiedene Wachsmodellation anbelangt.

Um die materialzerstörenden Einflüsse am Umfang eines Kreissägeblattes zu vermeiden, hat sich der Gebrauch einer Diamantfadensäge und besonders der Innenlochsäge uneingeschränkt bewährt.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde die Paßgenauigkeit des Kronenrandes in Abhängigkeit von der Modellation untersucht. Wir haben 140 Kronen (= 70 Fälle) in einem makroskopischen Verfahren unter Berücksichtigung von 5 Kriterien (Makrostufe, Makrospalt, zervikale Diskrepanz, Politur und Ausarbeitung, Gußqualität) beurteilt. Dabei handelt es sich um jeweils 2 Kronen eines Herstellers nach zweierlei Methoden, den Kronenrand in Wachs zu modellieren: normal und verstärkt modellierter Rand, bei sonst völlig gleichen Bedingungen.

Die statistische Auswertung der 140 Kronen nach 5 klinischen Gesichtspunkten ergab eine hoch signifikante Verbesserung durch die verstärkte Randmodellation.

Von den 140 Kronen wurde eine zufällige Auswahl von 50 Kronen auf die Stümpfe zementiert, nach verbesserten Methoden zersägt und Schliffe angefertigt. Die mikroskopische Vermessung der Schliffe ergab eine statistisch signifikante Verbesserung durch die verstärkte Randmodellation. Die makroskopische Beurteilung der Verbesserung durch die modifizierte Randmodellation in Wachs nach klinischen Kriterien befindet sich in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der mikroskopischen Auswertung.

Die ermittelten durchschnittlichen Randspaltbreiten von 73,9 µ ohne verstärkte Randmodellation und von 62,9 µ mit verstärkter Randmodellation liegen zwar über den von der Wissenschaft geforderten Werten von 20 µ und 50 µ (DREYER JØRGENSEN, REHBERG, EICHNER, FINGER, LEHMANN, VOSS); sie bestätigen KERSCHBAUM und VOSS, daß die angestrebten 20 - 50 µ regelhaft nicht

gefunden werden, liegen aber noch unter den Werten der besten Kronen, die MARXKORS extrahiert hat (90 - 230 µ).

Die Überlegenheit der Kronen mit einer verstärkten Randmodellation gegenüber solchen mit herkömmlicher Randgestaltung hat sich erwiesen.

7. LITERATURVERZEICHNIS

1. BEECK, K.H.: "Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren und ihre praktische Auswertung." Dtsch.zahnärztl.Z. 13, 470-480, 1958

2. CAVALLI-SFORZA, L.: "Biometrie, Grundzüge biologisch-medizinischer Statistik." 4. Aufl. Stuttgart: Fischer 1974

3. DEMMEL, H.J.: "Der Einfluß verschiedener Zementsorten auf den Randschluß paßgenauer Kronen." Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 700-705, 1971

4. DREYER-JØRGENSEN, K.: "Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren." Dtsch.zahnärztl.Z. 13, 461-469, 1958

5. EICHNER, K.: "Der Kronenrand und das marginale Parodontium aus klinischer Sicht." Dtsch.zahnärztl.Z. 24, 741-750, 1969

6. EICHNER, K.: "Prothetik und Parodontalprophylaxe." Dtsch.zahnärztl.Z. 30, 2-13, 1975

7. EICHNER, K. und R. VOSS: "Der Kronenrand." Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 742-757, 1971

8. EINFELDT, H.: "Paßgenauigkeit gegossener Metallarbeiten." Dtsch.zahnärztl.Z. 24, 1087-1093, 1969

9. FEYEN, J. und TH. KERSCHBAUM: "'Einfacher' Prothetik-Fall: Die kleine Unterkieferbrücke." Zahnärztl.Mitt. 17, 1100-1105, 1980

10. FINGER, W. Kopenhagen: Dtsch.zahnärztl.Z. 35, 906, 1980

11. FREESMEYER, W.B.: "Die Erhaltung der Restzähne wird Schwerpunkt der Prothetik." Zahnärztl.Mitt. 19, 1129-1132, 1981

12. FRÖHLICH, E.: "Zahnfleischrand und künstliche Krone in pathologisch-anatomischer Sicht." Dtsch.zahnärztl.Z. 22, 1252-1257, 1967

13. FRÖHLICH, E. und E. KÖRBER: "Die prothetische Versorgung des Lückengebisses." Carl Hanser Verlag München Wien, 1977

14. GROPP, H.P. und R. SCHWINDLING: "Statistische Feststellungen über fehlerhafte Kronengestaltung mit Folgen auf Zahn, Parodont und Gingiva." Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 734-772, 1971

15. HÖFT, R.: "Die Paßgenauigkeit des Kronenrandes in Abhängigkeit von der Modellation und Präparation." Med. Diss. Tübingen, 1977

16. HÜTTNER, G.: "Nachuntersuchungen von Kronen- und Brückenersatz in Bezug auf den Kronenrand und das marginale Parodontium." Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 724-729, 1971

17. JUNG, T. und U. QUAST: "Das Gußgefüge am Kronenrand." Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 696-699, 1971

18. KERSCHBAUM, TH. und R. VOSS: "Die praktische Bewährung von Krone und Inlay." Dtsch.zahnärztl.Z. 36, 243-249, 1981

19. KERSCHBAUM, TH. und R. VOSS: "Zum Risiko durch Überkronung." Dtsch.zahnärztl.Z. 34, 740-743, 1979

20. KETTERL, W.: "Erfolge und Mißerfolge bei prothetischen Maßnahmen im parodontalerkrankten Gebiß." Dtsch.zahnärztl.Z. 21, 87, 1966

21. KNAPPWOST, A.: (zit.bei Rehberg) "Exakter Randschluß, was ist das?" Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 696-699, 1971

22. KÖCHER, A.: "Vergleichende Untersuchungen zum Dimensionsverhalten des Kronenrandes in Abhängigkeit von der Modellationstechnik und der Randmodellation." Med. Diss. Tübingen, 1977

23. KÖNIG, G.: "Statistische Untersuchungen zur Reaktion des Zahnfleischrandes nach Eingliederung von Kronenersatz." Med. Diss. Tübingen, 1972

24. KÖRBER, E.: "Nachuntersuchungen von Hülsenkronen." Dtsch.zahnärztl.Z. 27, 519-525, 1972

25. KÖRBER, K.H. und P. LENZ: "Beitrag zum Problem der Randgestaltung von Ersatzkronen." Zahnärztl. Welt 77, 440-445, 1968

26. KÖRBER, K.H.: "Zahnärztliche Prothetik." Thieme-Verlag Stuttgart, 1975

27. KRAFT, E.: "Die Gestaltung des Kronenrandes." Dtsch.zahnärztl.Z. 24, 750-757, 1969

28. LEHMANN, K.: "Einführung in die Zahnersatzkunde." Urban und Schwarzenberg, München, Berlin, Wien, 2. Aufl. 1977

29. LENZ und KREKELER: (zit.in Eichner, K.) "Metallkeramik in der zahnärztlichen Prothetik." Carl Hanser, 1979

30. MARXKORS, R.: "Der Randschluß der Gußkronen." Dtsch.zahnärztl.Z. 35, 913-915, 1980

31. MARXKORS, R.: "Propädeutik der zahnärztlichen Prothetik." UTB Hüthig, 1977

32. MOOSLEITNER, R.: "Vergleichsuntersuchungen an Zahnstümpfen mit Band- und Vollgußkronen." Med. Diss. München, 1960

33. PETERS, C.: "Experimentelle Untersuchungen des Randschlusses von Metallkronen." Med. Diss. Kiel, 1966

34. RATHGEB, P.: "Dentaprogramme zur Mikrobereichtestung des Randschlusses und der Kontaktpunkte bei einprobefertigen Kronen. Eine neuartige Registriermethode." Zahnärztl. Welt/Reform 80, 325-328, 1971

35. REHBERG, H.J.: "Eine neue Methode zur Beurteilung der Paßfähigkeit von Gußkörpern." Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 49, 215-219, 1967

36. REHBERG, H.J.: "Exakter Randschluß, was ist das?" Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 696-699, 1971

37. RÖSLER, D.: "Der Einfluß verschiedener Modellationsarten auf die Paßgenauigkeit des Kronenrandes." Med. Diss. Tübingen, 1977

38. SACHS, L.: "Statistische Methoden." 2. Aufl. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1972

39. SASSEN, H.: "Paßgenauigkeit von Kronen bei definierter Präparationsgrenze." Dtsch.zahnärztl.Z. 33, 726-732, 1978

40. SASSEN, H.: "Klinische und labortechnische Problematik subgingivaler Präparationsgrenzen." Dtsch.zahnärztl.Z. 36, 254-257, 1981

41. SASSEN, H. und H. SPRANGER: "Therapie des parodontal-insuffizienten Gebisses als parodontologisches-prothetisches Problem." Zahnärztl.Mitt. 17, 1092-1095, 1980

42. SCHMEISSNER, H.: "Über die Metallvollkrone." Dtsch.Zahnärztebl. 19, 304-310, 1965

43. SCHMIERER, A.: "Vergleichende Untersuchungen zur Paßgenauigkeit des Kronenrandes." Med. Diss. Tübingen, 1976

44. SCHULZE, C.: "Untersuchungen überkronter Zähne unter besonderer Berücksichtigung des marginalen Parodontiums." Zahnärztl.Welt 8, 251, 1953

45. SHILLINGBURG/HOBO/ WHITSETT: "Grundlagen der Kronen- und Brückenprothetik." Buch- und Zeitschriftenverlag "die Quintessenz" Berlin, Chicago, Rio de Janeiro und Tokio, 1977

46. SINGER, H.: "Fehler bei Kronen und Brücken." Zahnärztl.Welt 6, 231-238, 1970

47. SMITH, G.P.: "The marginal fit of the Full Cast Shoulderless Crown." J.prosth.Dent. 7, 231-243, 1957

48. VALDERHAUG, J.: "Periodontal conditions and carions lesions following the insertion of fixed prostheses: a 10 year follow-up study." Int.Dent.J., 1980

49. VOSS, R.: "Grundlagen des Behandlungserfolges bei Kronen und Brücken." Zahnärztl.Welt 78, 397-405, 1969

50. WINDECKER, H. und K. OHLE: "Einfluß des Herstellungsverfahrens auf den Randschluß von Metallvollkronen." Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 706-715, 1971

51. WITTE, M.H.: "Kronen- und Brückenprothetik aus parodontologischer Sicht." Zahnärztl.Mitt. 18, 1991-1998, 1982

52. ANONYMUS: Zahnärztebl.Baden-Württemberg 9/82, S. 283-284

ANHANG:

Tabellen

Danksagung

Lebenslauf

µ	1.	2.	3.	$\bar{x}$	%
XANTOPREN					
500	460	438	482	460	92
200	186	184	188	186	93
100	92	92	82	88,7	88,7
50	40	40	38	39,3	78,6
20	12	10	12	11,3	56,5
SILASOFT					
500	388	368	392	382,7	76,5
200	180	178	170	176	88
100	88	88	86	87,3	87,3
50	42	42	42	42	84
20	16	14	16	15,3	76,5
IMPREGUM					
500	458	448	454	453,3	90,7
200	182	178	186	182	91
100	90	88	88	88,7	88,7
50	44	42	44	43,3	86,6
20	16	14	16	15,3	76,5

Tab. Nr. 1: Werte definierter Filmstücke aus dauerelastischem Abformmaterial beim Ausmessen mittels Feinmeß-Schraublehre.

Krone Nr.	Makro-stufe	Makro-spalt	zervik. Diskrep.	Politur Ausarb.	Gußqual.	$\bar{x}$	Diff.
1	6	6	6	6	8	6,4	-
2	6	8	4	6	8	6,4	
3	6	8	6	8	10	7,6	+1,2
4	8	8	10	8	10	8,8	
5	6	6	8	6	6	6,4	-
6	6	6	8	6	6	6,4	
7	8	8	10	6	6	7,6	-
8	6	8	10	8	6	7,6	
9	6	8	8	6	6	6,8	+0,4
10	8	8	8	6	6	7,2	
11	4	8	4	6	8	6	+1,2
12	8	8	6	6	8	7,2	
13	6	8	8	6	6	6,8	+0,4
14	8	6	10	6	6	7,2	
15	4	4	6	6	8	5,6	+1,2
16	6	8	8	6	6	6,8	
17	8	8	10	6	8	8	-
18	8	10	10	6	6	8	
19	8	6	6	8	8	7,2	+1,6
20	8	8	10	8	10	8,8	
21	6	6	6	4	6	5,6	+0,4
22	4	8	6	6	6	6	
23	8	6	10	6	8	7,6	+0,4
24	8	8	8	8	8	8	

Tab. Nr. 2 a: Klinische Bewertung mit Paardifferenzen in Punkten

Krone Nr.	Makro-stufe	Makro-spalt	zervik. Diskrep.	Politur Ausarb.	Gußqual.	$\bar{x}$	Diff.
25	8	6	6	6	6	6,4	-0,4
26	6	6	6	6	6	6	
27	6	8	8	6	8	7,2	-
28	6	10	6	8	6	7,2	
29	8	6	8	8	10	8	-
30	8	8	10	6	8	8	
31	4	8	8	8	8	7,2	-
32	6	8	8	6	8	7,2	
33	8	6	8	8	8	7,6	-0,8
34	6	8	8	6	6	6,8	
35	8	8	8	6	8	7,6	+0,8
36	8	8	10	8	8	8,4	
37	4	8	8	4	6	6	+0,8
38	6	8	8	4	8	6,8	
39	6	8	8	6	6	6,8	+0,8
40	6	8	8	8	8	7,6	
41	8	8	10	6	8	8	-1,2
42	8	8	6	6	6	6,8	
43	6	8	8	8	10	8	-
44	6	8	8	8	10	8	
45	10	8	10	10	6	8,8	-
46	10	10	10	8	6	8,8	
47	6	8	6	8	6	6,8	+0,8
48	8	8	8	8	6	7,6	

Tab. Nr. 2 b

Krone Nr.	Makro-stufe	Makro-spalt	zervik. Diskrep.	Politur Ausarb.	Gußqual.	$\bar{x}$	Diff.
49	6	6	8	8	8	7,2	+0,4
50	6	8	8	8	8	7,6	
51	6	8	10	8	4	7,2	-
52	8	8	10	6	4	7,2	
53	4	6	4	4	4	4,4	+2,4
54	6	8	8	6	6	6,8	
55	6	4	4	6	4	4,8	+0,4
56	4	6	8	4	4	5,2	
57	4	8	8	2	6	5,6	-0,8
58	4	8	6	2	4	4,8	
59	6	8	4	6	8	6,4	+0,4
60	6	8	6	8	6	6,8	
61	6	8	6	6	6	6,4	+0,8
62	6	8	8	6	8	7,2	
63	4	6	4	4	4	4,4	+2
64	6	8	8	4	6	6,4	
65	6	8	2	8	8	6,4	+0,4
66	8	8	2	8	8	6,8	
67	8	6	6	10	10	8	+0,4
68	8	6	8	10	10	8,4	
69	6	4	10	8	6	6,8	+2
70	8	8	10	8	10	8,8	
71	6	6	6	4	4	5,2	+0,4
72	6	6	4	6	6	5,6	

Tab. Nr. 2 c

Krone Nr.	Makro-stufe	Makro-spalt	zervik. Diskrep.	Politur Ausarb.	Gußqual.	$\bar{x}$	Diff.
73	6	4	8	6	6	6	-0,4
74	6	4	6	4	8	5,6	
75	8	4	2	6	10	6	-
76	8	6	2	4	10	6	
77	4	8	8	6	6	6,4	+0,4
78	4	8	8	6	8	6,8	
79	6	8	4	6	8	6,4	+0,8
80	8	8	4	6	10	7,2	
81	4	6	6	6	10	6,4	+2
82	8	6	10	8	10	8,4	
83	10	8	8	8	8	8,4	-0,4
84	8	6	10	8	8	8	
85	8	6	6	6	8	6,8	+0,4
86	8	10	6	6	6	7,2	
87	8	4	4	6	8	6	+0,4
88	8	8	4	4	8	6,4	
89	6	4	6	8	10	6,8	+1,2
90	6	8	8	10	8	8	
91	8	6	4	8	8	6,8	+1,6
92	10	8	8	8	8	8,4	
93	10	6	4	8	8	7,2	+2
94	10	8	10	8	10	9,2	
95	10	6	8	6	8	7,6	+0,8
96	10	8	8	6	10	8,4	

Tab. Nr. 2 d

Krone Nr.	Makro-stufe	Makro-spalt	zervik. Diskrep.	Politur Ausarb.	Gußqual.	$\bar{x}$	Diff.
97	8	6	2	6	10	6,4	-
98	6	8	2	6	10	6,4	
99	6	10	10	8	10	8,8	-0,4
100	6	8	10	8	10	8,4	
101	8	10	10	6	8	8,4	-0,4
102	8	8	8	6	10	8	
103	8	6	8	8	10	8	+0,8
104	10	8	8	8	10	8,8	
105	6	8	6	6	10	7,2	+0,4
106	4	8	10	6	10	7,6	
107	8	4	6	6	8	6,4	+0,4
108	6	8	6	6	8	6,8	
109	10	8	10	8	8	8,8	-
110	8	10	10	8	8	8,8	
111	8	10	10	6	8	8,4	+0,4
112	8	10	10	8	8	8,8	
113	6	8	10	8	10	8,4	+0,8
114	8	10	10	8	10	9,2	
115	8	8	10	8	8	8,4	+0,4
116	8	8	10	8	10	8,8	
117	8	8	8	6	10	8	-0,4
118	8	8	6	8	8	7,6	
119	10	8	6	6	8	7,6	+1,6
120	8	10	10	8	10	9,2	

Tab. Nr. 2 e

Krone Nr.	Makro-stufe	Makro-spalt	zervik. Diskrep.	Politur Ausarb.	Gußqual.	$\bar{x}$	Diff.
121	8	8	4	8	8	7,2	+0,4
122	8	8	6	8	8	7,6	
123	10	8	10	10	10	9,6	+0,4
124	10	10	10	10	10	10	
125	8	6	8	4	10	7,2	+1,2
126	8	8	10	6	10	8,4	
127	10	10	10	10	8	9,6	+0,4
128	10	10	10	10	10	10	
129	8	10	8	8	8	8,4	+0,8
130	10	10	10	8	8	9,2	
131	8	8	6	6	8	7,2	+1,2
132	8	8	8	8	10	8,4	
133	8	10	8	8	10	8,8	+0,4
134	10	10	10	6	10	9,2	
135	8	8	6	8	8	7,6	+0,4
136	6	8	10	8	8	8	
137	8	6	6	6	10	7,2	+0,4
138	6	6	10	6	10	7,6	
139	6	8	10	8	8	8	+0,4
140	8	10	8	8	8	8,4	

Tab. Nr. 2 f

Krone Nr.	lat.	okkl.	Mess-punkt	zervik. 1.Teil	zervik. 2.Teil	zervik. 3.Teil	zervik. 4.Teil	zervikal $\bar{x}$	s
1	6	30	a	30	30	28	20	16,4	11,1
			b	6	16	18	3		
			c	8	30	4	4		
			d	-	-	-	-		
2	30	250	a	40	40	40	-	22,6	16,2
			b	27	2	16	-		
			c	-	10	6	-		
			d	-	-	-	-		
5	15	20	a	30	-	-	-	12,7	15
			b	5	-	-	-		
			c	3	-	-	-		
			d	-	-	-	-		
6	45	-	a	5	15	40	30	22	16,6
			b	0	0	40	18		
			c	10	45	40	20		
			d	-	-	-	-		
9	28	150	a	45	6	50	10	20,7	16,5
			b	21	4	7	1		
			c	22	22	20	40		
			d	-	-	-	-		
10	30	150	a	1o	3	30	2	10,9	10,8
			b	1	2	2	7		
			c	2	12	1	24		
			d	28	-	15	25		

Tab. Nr. 3 a: Meßprotokoll der mikroskopischen Messung in Skalenteilen (1 Skt. ≙ 2,6 µ)

Krone Nr.	lat.	okkl.	Mess-punkt	zervik. 1.Teil	zervik. 2.Teil	zervik. 3.Teil	zervik. 4.Teil	zervikal $\bar{x}$	s
17	10	110	a	26	41	37	12		
			b	18	33	29	2		
			c	15	42	32	3	25,6	14,2
			d	21	45	42	12		
18	50	100	a	26	28	40	40		
			b	20	23	14	17		
			c	28	45	22	22	28,5	10,4
			d	34	50	23	24		
29	40	55	a	25	40	30	55		
			b	10	34	18	16		
			c	22	31	13	14	23,9	12,1
			d	15	25	10	25		
30	60	-	a	50	50	-	-		
			b	42	48	-	-		
			c	52	47	-	-	49	3,8
			d	54	-	-	-		
47	86	120	a	16	-	-	-		
			b	3	-	-	-		
			c	4	-	-	-	9,3	6,7
			d	14	-	-	-		
48	35	8	a	70	30	-	-		
			b	20	12	-	-		
			c	16	33	-	-	27,1	20,6
			d	22	34	-	-		

Tab. Nr. 3 b

Krone Nr.	lat.	okkl.	Mess-punkt	zervik. 1.Teil	zervik. 2.Teil	zervik. 3.Teil	zervik. 4.Teil	zervikal $\bar{x}$	s
51	15	40	a	23	46	21	18	25,5	9,5
			b	18	12	28	17		
			c	24	14	38	25		
			d	36	24	36	28		
52	30	22	a	28	20	28	24	22,4	6,2
			b	22	11	23	18		
			c	28	12	26	30		
			d	30	14	24	20		
53	50	120	a	15	19	4	0	9,9	10,9
			b	5	24	5	0		
			c	6	30	1	1		
			d	12	32	2	2		
54	45	150	a	15	35	15	25	25,4	11,6
			b	28	43	22	10		
			c	12	38	16	42		
			d	14	36	18	38		
55	24	180	a	35	40	25	40	22,9	11,9
			b	32	16	0	20		
			c	22	22	2	17		
			d	36	26	16	18		
56	40	130	a	40	50	-	-	18,7	18,3
			b	12	0	-	-		
			c	20	2	-	-		
			d	22	4	-	-		

Tab. Nr. 3 c

Krone Nr.	lat.	okkl.	Mess-punkt	zervik. 1.Teil	zervik. 2.Teil	zervik. 3.Teil	zervik. 4.Teil	zervikal $\bar{x}$	s
57	20	130	a	25	40	15	45	28	25,6
			b	13	22	3	36		
			c	12	12	1	60		
			d	40	21	3	100		
58	50	55	a	15	-	-	-	15	3,6
			b	12	-	-	-		
			c	13	-	-	-		
			d	20	-	-	-		
65	10	75	a	55	-	50	35	35,9	9,5
			b	46	-	28	31		
			c	28	-	24	34		
			d	34	-	30	36		
66	22	28	a	10	25	10	30	12,1	11,5
			b	4	20	1	10		
			c	3	18	0	4		
			d	8	40	3	8		
69	22	55	a	45	20	40	60	29,3	14,8
			b	34	9	32	40		
			c	36	6	28	30		
			d	35	4	22	28		
70	40	42	a	50	25	24	-	24,6	10,2
			b	32	22	12	-		
			c	30	18	14	-		
			d	28	24	16	-		

Tab. Nr. 3 d

Krone Nr.	lat.	okkl.	Mess-punkt	zervik. 1.Teil	zervik. 2.Teil	zervik. 3.Teil	zervik. 4.Teil	zervikal $\bar{x}$	s
77	33	54	a	42	40	-	-	24,3	10,6
			b	21	18	-	-		
			c	20	16	-	-		
			d	22	15	-	-		
78	60	130	a	60	60	65	60	32,5	21,4
			b	33	32	2	15		
			c	48	39	1	14		
			d	32	40	4	15		
93	19	48	a	95	25	-	-	36,1	30,2
			b	60	5	-	-		
			c	41	11	-	-		
			d	40	12	-	-		
94	10	55	a	50	20	-	-	20	14,8
			b	21	10	-	-		
			c	12	9	-	-		
			d	6	32	-	-		
97	12	68	a	75	60	50	70	39,2	18
			b	52	38	25	35		
			c	33	18	46	30		
			d	30	18	27	20		
98	20	165	a	70	95	40	100	41	28,4
			b	60	14	22	50		
			c	25	13	26	48		
			d	13	10	26	44		

Tab. Nr. 3 e

Krone Nr.	lat.	okkl.	Mess-punkt	zervik. 1.Teil	zervik. 2.Teil	zervik. 3.Teil	zervik. 4.Teil	zervikal $\bar{x}$	s
103	30	120	a	15	80	35	28	21,4	18,8
			b	2	10	30	10		
			c	1	16	26	12		
			d	4	25	28	20		
104	12	65	a	50	50	-	-	16,8	20,9
			b	12	3	-	-		
			c	10	0	-	-		
			d	8	1	-	-		
105	10	55	a	-	70	60	50	35,7	20,3
			b	-	34	24	27		
			c	-	28	48	15		
			d	-	17	52	3		
106	20	70	a	8	10	80	-	13,8	21,2
			b	8	7	12	-		
			c	10	8	0	-		
			d	12	10	0	-		
107	15	115	a	32	60	80	65	37,4	18,3
			b	12	35	25	22		
			c	40	28	20	43		
			d	38	26	24	48		
108	22	40	a	60	50	-	-	32,1	19,6
			b	48	11	-	-		
			c	32	10	-	-		
			d	34	12	-	-		

Tab. Nr. 3 f

Krone Nr.	lat.	okkl.	Mess-punkt	zervik. 1.Teil	zervik. 2.Teil	zervik. 3.Teil	zervik. 4.Teil	zervikal $\bar{x}$	s
111	25	90	a	48	40	50	40	25,1	14,3
			b	36	5	25	10		
			c	28	6	20	14		
			d	26	12	24	18		
112	50	80	a	60	23	30	40	23,9	18,7
			b	34	0	16	0		
			c	33	5	35	2		
			d	48	15	38	3		
113	28	140	a	80	80	70	95	29,6	32,2
			b	26	0	7	0		
			c	24	5	4	18		
			d	22	12	10	20		
114	30	70	a	50	60	60	80	18,7	26,9
			b	2	4	2	0		
			c	4	2	10	5		
			d	1	3	6	10		
121	24	180	a	100	50	100	40	32,2	33,8
			b	8	14	8	2		
			c	60	12	15	1		
			d	62	14	22	7		
122	24	90	a	50	15	40	40	15,1	14,8
			b	10	2	0	8		
			c	3	7	7	10		
			d	17	11	10	12		

Tab. Nr. 3 g

Krone Nr.	lat.	okkl.	Mess-punkt	zervik. 1.Teil	zervik. 2.Teil	zervik. 3.Teil	zervik. 4.Teil	zervikal $\bar{x}$	s
123	85	15	a	70	70	-	-		
			b	30	15	-	-		
			c	28	9	-	-	33,8	23,6
			d	30	18	-	-		
124	70	110	a	50	-	-	100		
			b	1	-	-	50		
			c	2	-	-	45	39	34,8
			d	4	-	-	60		
131	26	22	a	75	45	70	115		
			b	15	17	72	85		
			c	11	41	70	72	57,2	28,4
			d	45	38	74	70		
132	14	80	a	100	55	90	70		
			b	31	33	40	10		
			c	28	24	34	18	39,7	21,3
			d	32	22	26	22		
133	22	115	a	40	43	-	-		
			b	8	19	-	-		
			c	30	22	-	-	29	13
			d	45	25	-	-		
134	22	90	a	21	15	-	-		
			b	0	0	-	-		
			c	2	1	-	-	6,6	7,9
			d	4	10	-	-		

Tab. Nr. 3 h

Krone Nr.	lat.	okkl.	Mess-punkt	zervik. 1.Teil	zervik. 2.Teil	zervik. 3.Teil	zervik. 4.Teil	zervikal $\bar{x}$	s
139	25	70	a	45	-	-	-	50	9,1
			b	40	-	-	-		
			c	55	-	-	-		
			d	60	-	-	-		
140	13	105	a	45	80	-	-	27	25,4
			b	9	35	-	-		
			c	14	10	-	-		
			d	16	7	-	-		

Tab. Nr. 3 i

Krone Nr.	Skt. $\bar{x}$		Krone Nr.	Skt. $\bar{x}$		Diff. $\bar{x}$
1	16,4		2	22,6		- 6,2
5	12,7		6	22		- 9,3
9	20,7		10	10,9		9,8
17	25,6		18	28,5		- 2,9
29	23,9		30	49		-25,1
47	9,3		48	27,1		-17,8
51	25,5		52	22,4		3,1
53	9,9		54	25,4		-15,5
55	22,9		56	18,7		4,2
59	28		60	15		13
65	35,9		66	12,1		23,8
69	29,3		70	24,6		4,7
77	24,3		78	32,5		- 8,2
93	36,1		94	20		16,1
97	39,2		98	41		- 1,8
103	21,4		104	16,8		4,6
105	35,7		106	13,8		21,9
107	37,4		108	32,1		5,3
111	25,1		112	23,9		1,2
113	29,6		114	18,7		10,9
121	32,2		122	15,1		17,1
123	33,8		124	39		- 5,2
131	57,2		132	39,7		17,5
133	29		134	6,6		22,4
139	50		140	27		23
						S 106,6

Tab. Nr. 4: Paardifferenzen der mikroskopischen Auswertung von Randspaltbreiten an 50 zementierten Kronen in Skalenteilen (1 Skt. ≙ 2,6 µ)

DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. E. Körber für die freundliche Überlassung des Themas und seine Unterstützung bei der Arbeit.

Herrn Dr. A. Schmierer danke ich für seine Unterstützung bei der Durchführung der Versuche.

Herrn Dr.Dr. G. Petry vom Institut für angewandte Wirtschaftsforschung, Tübingen, danke ich für seine Hilfe in Statistik-Fragen.

Für die Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Festkörperphysik in Stuttgart-Büsnau danke ich Herrn Dr. J. Lagois.

Schließlich sei Fräulein K. Stockburger für die Hilfe durch Material- und Gerätebereitstellung und vielfältige Unterstützung gedankt.

LEBENSLAUF

Am 14.06.1946	wurde ich, Rolf Willy Döring als Sohn des Kaufmanns Wilhelm Döring und seiner Ehefrau Charlotte, geb. Keim, in Stuttgart geboren.
Von 1953 - 1957	Besuch der Falkertschule in Stuttgart
Von 1957 - 1962	Eberhard-Ludwigs-Gymnasium in Stuttgart
Von 1962 - 1966	kfm. Lehre als Einzelhandelskaufmann
Von 1966 - 1970	Kaufmann
Von 1971 - 1974	Eberhard-Ludwigs-Gymnasium in Stuttgart
1974	Abitur
Von 1975 - 1980	Studium der Zahnmedizin an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen
15. Dezember 1980	Staatsexamen
Seit 1981	Ausbildungsassistent in freier Praxis in Stuttgart